

PCT/JP97/00213

30.01.97

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 04 APR 1997
WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1996年 1月30日

出願番号
Application Number:

平成 8年特許願第013539号

出願人
Applicant(s):

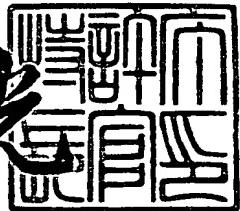
セイコーエプソン株式会社

PRIORITY DOCUMENT

1997年 3月21日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

荒井 寿光



出証番号 出証特平09-3017222

【書類名】 特許願
【整理番号】 POS54875
【提出日】 平成 8年 1月30日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 29/786
G02F 1/136 500
【発明の名称】 薄膜半導体装置の製造方法
【請求項の数】 7
【発明者】
【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
【氏名】 阿部 裕幸
【特許出願人】
【識別番号】 000002369
【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社
【代表者】 安川 英昭
【代理人】
【識別番号】 100093388
【弁理士】
【氏名又は名称】 鈴木 喜三郎
【連絡先】 3348-8531 内線2610-2615
【選任した代理人】
【識別番号】 100095728
【弁理士】
【氏名又は名称】 上柳 雅薈
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 013044
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9005917

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に減圧化学気相堆積法（LPCVD法）又はプラズマ化学気相堆積法（PECVD法）によって形成された半導体膜の全領域又は少なくとも表面層を、水素（H₂）を含む混合気（以下、「フォーミングガス」という。）を満たした雰囲気中で溶融した後結晶化を行うことを特徴とする薄膜半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 前記フォーミングガスとして、不活性ガスと水素ガスの混合気を用いたことを特徴とする薄膜半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 前記フォーミングガス用の不活性ガスとして、希ガスと水素との混合気を用いたことを特徴とする薄膜半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 前記フォーミングガス用の希ガスとして、アルゴンガスと水素ガスの混合気を用いたことを特徴とする薄膜半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 前記フォーミングガスの圧力を、大気圧又は加圧下としたことを特徴とする請求項 2 乃至 4 のいずれかに記載の薄膜半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 上記薄膜半導体装置の溶融ならびに結晶化を行う方法のエネルギー源として、光を照射することを特徴とする請求項 2 乃至 4 のいずれかに記載の薄膜半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 前記光の光源としてレーザー光を用いることを特徴とする請求項 6 記載の薄膜半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はアクティブマトリックス型液晶ディスプレイ等に適応される薄膜半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、液晶ディスプレイ（LCD）の大画面化、高解像度化に伴い、その駆動

方式は単純マトリックス方式からアクティブマトリックス方式へ移行し、大容量の情報を表示出来るように成りつつ有る。アクティブマトリックス方式は数十万を越える画素を有する液晶ディスプレイが可能で有り、各画素毎にスイッチングトランジスタを形成するもので有る。各種液晶ディスプレイの基板としては透過型ディスプレイを可能にする溶融石英板やガラスなどの透明絶縁基板が使用されている。薄膜トランジスタ（TFT）の能動層としては通常アモルファスシリコンや多結晶シリコンなどの半導体膜が用いられるが、駆動回路まで一体化して薄膜トランジスタで形成しようとする場合には動作速度の速い多結晶シリコンが有利である。多結晶シリコン膜を能動層とする場合は溶融石英板を基板として用い、通常は工程最高温度が1000°Cを越える高温プロセスと呼ばれる製造方法にてTFTが作成されている。この場合多結晶シリコン膜の移動度は $10 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ から $100 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 程度の値となる。一方アモルファスシリコン膜を能動層とする場合には工程最高温度が400°C程度と低い為、通常のガラス基板が用いられている。アモルファスシリコン膜の移動度は $0.1 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ から $1 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 程度の値で有る。

【0003】

LCDの表示画面の拡大化や低価格化を進める場合には絶縁基板として安価な通常ガラスを使用することが必要不可欠で有る。しかしながら、前述の通りアモルファスシリコン膜は電気特性が多結晶シリコン膜に比べ著しく劣り動作速度が遅い等の問題を有している。又、高温プロセスの多結晶シリコンTFTは溶融石英板を用いている為、LCDの大型化や低価格化が困難との問題を有している。その為通常のガラス基板上に多結晶シリコン膜等の半導体膜を能動層とする薄膜半導体装置を作成する技術が現在強く求められているので有る。ここで量産性に富む大型の通常ガラス基板を用いる際には、基板の変形を避けるべく工程最高温度を約400°C程度以下とする大きな制約が有る。即ち斯様な制約下にて液晶ディスプレイを動作し得る薄膜トランジスタと、駆動回路を高速作動し得る薄膜トランジスタの能動層を形成する技術が望まれている。これらは現在低温プロセス polycrystalline silicon TFTと称され、開発が進められている。

【0004】

従来の低温プロセス poly-Si TFTに相当する第一の従来技術として a-Si 膜の溶融ならびに結晶化にレーザーを用いたことが記述されている事例として、SID (Society for Information Display) '93 ダイジェスト P. 387 (1993) を挙げる。それによると、まず LPCVD 法で原料気体としてモノシリコン (SiH_4) を用い、堆積温度 550°C にて 50 nm のアモルファスシリコン (a-Si) 膜を堆積し、この a-Si 膜にレーザー照射を施し、a-Si 膜を poly-Si 膜へと改質する。poly-Si 膜のパターニング後、ゲート絶縁膜で有る SiO_2 膜を ECR-P ECVD 法で基板温度を 100°C として堆積する。ゲート絶縁膜上にタンタル (Ta) にてゲート電極を形成した後、ゲート電極をマスクとしてドナー又はアクセプター不純物をシリコン膜にイオン注入してトランジスタのソース・ドレインを自己整合的 (セルフ・アライン) に形成する。この時イオン注入はイオン・ドーピング法と呼ばれる質量非分離型の注入装置を用い、水素希釈されたフォスフイン (PH_3) やジボラン (B_2H_6) を原料気体として用いている。注入イオンの活性化は 300°C で有る。その後層間絶縁膜を堆積し、インジウム錫酸化物 (ITO) やアルミニウム (Al) で電極や配線を作成し、薄膜半導体装置は完成する。

【0005】

また従来技術におけるレーザーによる a-Si 膜の溶融、結晶化過程に関して水素の突沸による弊害とその対処としての第二の従来技術として、特開平 5-275336 を挙げる。この従来技術は PECD a-Si 膜をレーザー結晶化させる際の、レーザーの照射エネルギー強度を順次増す事によって損傷無く結晶化させる方法で有る。同公報の請求項 1 には「水素化非晶質半導体薄膜をレーザ光の照射により多結晶化し製造する方法において、レーザ光の照射エネルギーを順次大きくして水素化非晶質半導体薄膜中の水素を段階的に放出させる事を特徴とするえ多結晶半導体薄膜の製造方法。」が記載されている。この段階的な照射エネルギーを上げていく方法によって、「[0025] a-Si : H 膜中の水素が段階的に放出され、しかもその水素の量を監視しながら高いエネルギーの照射

へと移っていくので、実質的に膜を損傷させる事がなく、含有水素の大部分を放出してしまい $a-Si:H$ 膜を多結晶化する為に大きなエネルギーを加えた時には既に膜中の水素の含有量は少ないので、これら水素が一気に放出されても膜を損傷させる事がない。これに対し、 $a-Si:H$ 膜を多結晶化するのに十分なエネルギーを持つ $a-Si:H$ 膜に照射すると、一度に含有水素を放出し爆発してしまうので、これらが一気に噴き出す事により膜が損傷してしまう。」と同公報に記載されている。

【0006】

こうした現象を抑えるための、別な手段として、その照射雰囲気を制御する第三の従来技術として、特開平7-99321が挙げられる。ここで第【0009】段に次の様に記載されている。「基板上に形成された半導体薄膜の少なくとも表面層を減圧下または不活性ガス雰囲気中で溶融ならびに結晶化し、その基板を減圧下または不活性ガス雰囲気中に保持したまま、溶融ならびに結晶化された半導体薄膜上に絶縁膜を形成する工程に移るようにしている。」

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら $a-Si$ 膜を溶融ならびに結晶化して $p-Si$ 膜を得る工程について、レーザーをその溶融源に用いることに関しては、その照射条件の制御といった面で、以下のような問題を従来技術は抱えている。

【0008】

低温 $poly-Si TFT$ 技術の溶融ならびに結晶化のキープロセスとして、初期段階から注目を集め、その照射条件選びが慎重に行われてきたにもかかわらず、高い結晶化率、基板面内の結晶性の均一性、そして表面荒れの低減といった要求され得る条件を全て満たす最適な条件が未だ決定されていない。

【0009】

第二の従来技術で述べたように、面内の $a-Si$ 膜の一点にどれ程のエネルギーでどれ程の時間レーザー光を照射すれば、溶融化が起こり、やがて冷却された時に完全に結晶化が行われるかを見極める必要があり、その手段として照射のエネルギーを段階的に上げていき、数回に分けて照射を行う方法などが提案され

てきた。この同一箇所を数回以上レーザー照射する場合、量産を前提とした製造方法としては、非常に時間がかかる事からあまり現実的ではない。またこの際に基板周辺の雰囲気を注意深く制御する必要がある。

【0010】

さらにいかなる照射ステップを踏まえたとしても、第三の従来技術で述べたような雰囲気の制御がたいへん重要になってくる。高真空を維持したチャンバーの中で行うとすれば、装置自体がたいへん大型化すると共に、排気並びにリークに時間を要し、大量な製造を目指した時には芳しくない。またレーザー強度が最適化される前に、それ以上の強度で照射を行って、アブレーションを起こすと、その突沸分子はチャンバー内やウインドーに真空蒸着されたことと同等であるから、除去することは困難であり、しいてはウインドーの損傷の原因ともなる。一方、不活性ガスのみを満たした雰囲気下の照射に於いては、上記のような問題点は防ぐ事は可能であるが、このような雰囲気下で製造されたTFTの特性は、移動度とサブシュレッショルド特性が大気圧下で行ったものに比べて低下するという問題が生じる。

【0011】

そこで本発明は上記の様な諸課題の解決を目指し、その第一の目的はレーザー光を用いた薄膜半導体装置の溶融ならびに結晶化を安定して行う方法を提供することにある。

【0012】

一方レーザー光によって溶融ならびに結晶化されたアモルファスシリコン膜を薄膜半導体装置の能動層に用いた時、その移動度は $100 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 程度で有るが、表面のアブレーションに起因すると考えられる、特性のばらつきによって上記の値より移動度が低いTFTの移動度が生じることがある。このようなばらつきが生じると、パネルと同時に駆動用ドライバーをこの薄膜半導体装置を用いて製造を行ったとしても、必要とされる書き込み電流が得られないという問題が生じている。さらに同様の原因によってオフ特性の跳ね上がりも素子によつてばらつきが生じ、書き込まれたデータの保持ができないという問題が起こる。これら特性のばらつきをなくすことが、今後p-Si TFT技術を確かなもの

とする上で必要不可欠である。

【0013】

そこで本発明の別な目的は上記の課題の解決を目指し、第二の目的として溶融ならびに結晶化されたアモルファスシリコン膜を薄膜半導体装置の能動層に用いた場合の特性のばらつきを排除し得る薄膜半導体装置とその製造方法を提供する事に有る。

【0014】

【課題を解決するための手段】

請求項1記載の発明は、基板上に減圧化学気相堆積法（LPCVD法）またはプラズマ化学気相堆積法（PECVD法）によって形成された半導体膜の全領域、あるいは少なくとも表面層をフォーミングガスを満たした雰囲気中で溶融ならびに結晶化を行うようにした薄膜半導体装置の製造方法を特徴とする。

【0015】

請求項2記載の発明は、上記薄膜半導体装置の溶融ならびに結晶化を行う雰囲気に用いるフォーミングガスとして、不活性ガスと水素（H₂）の混合気を用いることを特徴とする。

【0016】

請求項3記載の発明は、上記薄膜半導体装置の溶融ならびに結晶化を行う雰囲気に用いるフォーミングガス中の不活性ガスとして、希ガスを用いることを特徴としている。

【0017】

請求項4記載の発明は、上記薄膜半導体装置の溶融ならびに結晶化を行う雰囲気に用いるフォーミングガス中の希ガスとして、アルゴン（Ar）ガスを用いることを特徴としている。

【0018】

請求項5記載の発明は、上記薄膜半導体装置の溶融ならびに結晶化を行う雰囲気に用いるフォーミングガスの圧力が大気圧もしくは加圧下とすることを特徴とする。

【0019】

請求項6記載の発明は、上記薄膜半導体装置の溶融ならびに結晶化を行う方法として、そのエネルギー源に光を用いることを特徴とする。

【0020】

請求項7記載の発明は、上記光として、レーザー光を用いることを特徴としている。

【0021】

【作用】

請求項1記載の発明では、基板上に減圧化学気相堆積法（LPCVD法）またはプラズマ化学気相堆積法（PECVD法）によって形成された半導体膜の全領域、あるいは少なくとも表面層をフォーミングガスを満たした雰囲気中で溶融ならびに結晶化を行うことによって安定な膜表面を得ることができる。

【0022】

フォーミングガス下でレーザー照射を行うことによる最大の作用は、大気雰囲気下の照射では空気中の酸素がレーザー照射毎に半導体膜中に取り込まれることを防ぐ事が出来ることである。水素抜きの場合は水素が抜けた後の不対結合対（ダングリング・ボンド）に酸素が捕獲され、結晶化の場合にはSi原子の移動時に酸素が膜中に導入される。レーザー照射回数が数回で有れば、空气中からの酸素の取り込みも僅かとなり問題は無いが、十数回も繰り返してレーザー照射する場合には酸素の膜中への取り込みが憂慮される問題となる（Si、Ge、GaAs等通常の半導体物質は半導体膜中に酸素が混入すると半導体特性は低下する）。従ってレーザー照射は非酸化性雰囲気下で行わねば酸素混入の無い半導体膜は得られない。もちろんこれには真空雰囲気も含まれるのであるが、結晶粒界のパッシベーションという面では、不活性ではない何らかの分子が必要とされる。その役割を果たす分子として水素は有効的に働く。

【0023】

さらにフォーミングガス全体として、突沸しようとする水素を抑え込む方向に作用することからアブレーションを制限し全体では、たいへん安定した膜を得ることが出来るのである。

【0024】

請求項2～請求項4記載の発明では、上記雰囲気に用いるガスとして、反応を起こし難く安定である不活性ガス、また最終的にはTFT特性のばらつきが生じないよう、従来より特性の改善が期待されたH₂ガスを混合したもの、特に不活性ガスとしてアルゴンを用いたフォーミングガスを用いることによって、さらに上記した作用を増幅する。

【0025】

請求項5記載の発明では、上記フォーミングガスの圧力を大気圧もしくは加圧下とすることで、さらにアブレーションを抑制する効果を増長することができる。

【0026】

請求項6記載の発明では、上記薄膜半導体装置の溶融ならびに結晶化を行う方法として光を用いることによって、照射時間を非常に短時間で済ませる事が可能で有り、且つ照射領域も基板全体に対して局所的で有る為、半導体膜の結晶化に際して基板全体が同時に高温に熱せられる事は無く、基板の熱に依る変形や割れ等も生じないからで有る。

【0027】

請求項7記載の発明では、上記光として、特にレーザー光を用いることによつて、さらに上記効果を増長する事ができる。

【0028】

【発明の実施の形態】

以下図面を参照しながら本発明の基礎原理及び実施の形態を説明する。

【0029】

図1は、本発明の一実施例を示す薄膜半導体装置製造の各工程に於ける素子断面図である。この図を用いて本願発明に係わるTFTの製造方法の概略を述べた後に、溶融ならびに結晶化工程とその際の結晶化条件に大きな影響を与える、出発膜の作製といった前工程の詳細を説明する。

【0030】

(1、本願発明の薄膜半導体装置の製造方法の概略)

本発明では基板101の一例として汎用無アルカリガラスを用いる。まず基板101上に常圧化学気相堆積法（APCVD法）やPECVD法或いはスパッタ法などで絶縁性物質で有る下地保護膜102を形成する。次に後に薄膜半導体装置の能動層と化す真性シリコン膜等の半導体膜を堆積する。半導体膜はPECVD法、APCVD法やLPCVD法等の化学気相堆積法（CVD法）、或いはスパッタ法や蒸着法等の物理気相堆積法（PVD法）に依って形成される。こうして得られた半導体膜にレーザー光等の光学エネルギー又は電磁波エネルギーを短時間照射することで結晶化を進める。最初に堆積した半導体膜が非晶質で有ったり、非晶質と微結晶が混在する混晶質で有れば、この工程は結晶化と呼ばれる。一方、最初に堆積した半導体膜が多結晶質で有れば、この工程は再結晶化と呼ばれる。本明細書では特に断らない限り両者をまとめて単に結晶化或いは結晶性を高める工程と称する。レーザー光等のエネルギー強度が高ければ、結晶化の際に半導体膜は一度溶融し冷却固化過程を経て結晶化する。これを本願では溶融結晶化法と称する。これに対し半導体膜の結晶化を溶融せずに固相にて進める方法を固相成長法（SPC法）と呼ぶ。固相成長法は550℃程度から650℃程度の温度で数時間から数十時間かけて結晶化を進める熱処理法（Furnace-SPC法）と、一秒未満から一分程度の短時間で700℃から1000℃との高温で結晶化を進める急速熱処理法（RTA法）、及びレーザー光等のエネルギー強度が低い時に生ずる極短時間固相成長法（VST-SPC法）の三者に主として分類される。本願発明はこのうち、特に溶融ならびに結晶化を特徴とする上記の溶融結晶化法において適応可能であり、大型基板を高い生産性で製造するとの視点に則ると今後溶融結晶化法が最も有望であると考えられ、キープロセスになると思われる。この溶融結晶化法は照射時間が非常な短時間で有り且つ照射領域も基板全体に対して局所的で有る為、半導体膜の結晶化に際して基板全体が同時に高温に熱せられる事は無く、故に基板の熱に依る変形や割れ等も生じないこともその利点であるといえる。溶融結晶化法のエネルギー源としては上記のようにレーザー光が最も一般的に用いられるが、その際半導体膜の全領域、あるいは少なくとも表面層は水素（H₂）を含む混合気、フォーミングガスを満たした雰囲気中で行う。特に混合気として、不活性ガス、特に希ガスとりわけアルゴン

ガスを用いている。その後この半導体膜をパターニングし、後にトランジスタの能動層となる半導体膜103を作成する。(図1(a))

半導体膜形成後、CVD法やPVD法などでゲート絶縁膜104を形成する。絶縁膜形成に当たり様々な製造方法が考えられるが、絶縁膜形成温度は350℃以下が好ましい。これはMOS界面やゲート絶縁膜の熱劣化を防ぐ為に重要である。同じ事は以下の全ての工程に対しても適用される。ゲート絶縁膜形成後の全ての工程温度は350℃以下に押さえられねばならない。こうする事により高性能な薄膜半導体装置を容易に、且つ安定的に製造出来るからである。

【0031】

引き続いてゲート電極105となる薄膜をPVD法或いはCVD法などで堆積する。通常はゲート電極とゲート配線は同一材料にて同一工程で作られる為、この材質は電気抵抗が低く、350℃程度の熱工程に対して安定で有る事が望まれる。ゲート電極となる薄膜を堆積後パターニングを行い、引き続いて半導体膜に不純物イオン注入106を行ってソース・ドレイン領域107及びチャンネル領域108を形成する。(図1(c)) この時ゲート電極がイオン注入のマスクと成っている為、チャンネルはゲート電極下のみに形成される自己整合構造と成る。不純物イオン注入は質量非分離型イオン注入装置を用いて注入不純物元素の水素化物と水素を注入するイオン・ドーピング法と、質量分離型イオン注入装置を用いて所望の不純物元素のみを注入するイオン打ち込み法の二種類が適応され得る。イオン・ドーピング法の原料ガスとしては水素中に希釀された濃度0.1%程度から10%程度のホスフィン(PH_3)やジボラン(B_2H_6)等の注入不純物元素の水素化物を用いる。イオン打ち込み法では所望の不純物元素のみを注入した後に引き続いて水素イオン(プロトンや水素分子イオン)を注入する。前述の如くMOS界面やゲート絶縁膜を安定に保つ為には、イオン・ドーピング法にしろイオン打ち込み法にしろイオン注入時の基板温度は350℃以下でなければならぬ。一方注入不純物の活性化を350℃以下の低温にて常に安定的に行うには(本願ではこれを低温活性化と称する)、イオン注入時の基板温度は200℃以上で有る事が望ましい。トランジスタのしきい値電圧を調整する為にチャンネル・ドープ行うとか、或いはLDD構造を作成すると云った様に低濃度に注入

された不純物イオンを低温で確実に活性化するには、イオン注入時の基板温度は250°C以上で有る事が必要と成る。この様に基板温度が高い状態でイオン注入を行うと、半導体膜のイオン注入に伴う結晶壊破の際に結晶化も同時に生じ、結果としてイオン注入部の非晶質化を防ぐ事が出来るので有る。即ちイオン注入された領域は注入後も依然として結晶質として残り、その後の活性化温度が350°C程度以下と低温で有っても注入イオンの活性化が可能に成る訳で有る。CMOS TFTを作成する時はポリイミド樹脂等の適当なマスク材を用いてNMOS又はPMOSの一方を交互にマスクで覆い、上記の方法にてそれぞれのイオン注入を行う。

【0032】

次に層間絶縁膜109をCVD法或いはPVD法で形成する。イオン注入と層間絶縁膜形成後、350°C程度以下の適当な熱環境下にて数十分から数時間の熱処理を施して注入イオンの活性化及び層間絶縁膜の焼き締めを行う。この熱処理温度は注入イオンを確実に活性化する為にも250°C程度以上が好ましい。又層間絶縁膜を効能的に焼き締めるには300°C以上の温度が好ましい。通常ゲート絶縁膜と層間絶縁膜とではその膜品質が異なっている。その為に層間絶縁膜形成後二つの絶縁膜にコンタクトホールを開ける際、絶縁膜のエッチング速度が違っているのが普通で有る。斯様な条件下ではコンタクトホールの形状が下方程広い逆テーパー状に成ったり或いは底が発生してしまい、その後電極形成した時に電気的な導通がうまく取れない所謂接触不良の原因と成る。層間絶縁膜を効能的に焼き締めるところした接触不良の発生を最小限に止められるので有る。層間絶縁膜形成後ソース・ドレイン上にコンタクトホールを開孔し、ソース・ドレイン取り出し電極110と配線をPVD法やCVD法などで形成して薄膜半導体装置が完成する。（図1（d））

（2、本願発明の薄膜半導体装置の製造方法で溶融ならびに結晶化とそれに先立つ工程の詳細説明）

（2-1、本発明が適応される基板と下地保護膜）

まず本発明が適応される基板と下地保護膜について説明する。本発明が適応し得る基板としては溶融石英やガラス等の透明絶縁性物質が用いられる。特に廉価

な汎用ガラス基板としてはコーニングジャパン株式会社製#7059ガラスや#1737ガラス、或いは日本電気硝子株式会社製OA-2ガラス等が使用され得る。

【0033】

半導体膜は少なくとも表面の一部が絶縁性物質で構成された基板上に堆積される。この絶縁性物質を本願では下地保護膜と称する。例えば基板として溶融石英基板を用いた時は基板自身が絶縁性物質で有るから、溶融石英基板上に直接半導体膜を堆積しても良い。或いは酸化硅素膜や窒化硅素膜などの絶縁性物質を溶融石英基板上に下地保護膜として形成した後に半導体膜を堆積しても良い。基板として通常ガラスを用いる場合、半導体膜を直接絶縁性物質で有る通常ガラス上に堆積しても良いが、ガラス中に含まれているナトリウム(Na)などの可動イオンが半導体膜中に混入せぬ様に酸化硅素膜や窒化硅素膜などの絶縁性物質にてガラス基板上に下地保護膜を形成した後に半導体膜を堆積することが好ましい。こうする事で薄膜半導体装置は長時間に渡る使用や高電圧下での使用に対して動作特性が変化する事無く、安定性が増す訳で有る。

【0034】

さらに下地膜条件は次工程の溶融並びに結晶化工程にも大きな影響を与える。まず下地膜の材質は、溶融されたシリコン膜が結晶化する速度と密接に関わってくる。結晶化速度が遅いほど熱平衡状態に近くなり、結晶粒径が拡大すると共に、粒内結晶性も向上する。この結晶化速度は下地膜への熱流出速度に比例するので、下地膜の熱伝導率は小さい方が好ましい。また下地膜厚の厚みの決定に際しては上記したガラス基板からのコンタミを防ぐといった観点と、次工程の溶融並びに結晶化工程において、熱伝導率を低減するといった意味合いの観点という二面から設定する必要がある。またあまりにこの下地膜を厚くしてしまうと、TFTの製造をトータルで見た際に重ねて堆積された各膜のストレスに基板が持ちこたえることが出来ないといった問題が生じる。これら条件を総合的に判断した結果をもとに膜厚が決定される必要がある。

【0035】

(2-2、本願発明が適応される半導体膜)

薄膜半導体装置の能動層と化す半導体膜としてはシリコン（S i）やゲルマニウム（G e）などの単体の半導体膜の他にガリウム・ヒ素（G a A s）やカドミウム・セレン（C d S e）等の複合化合物半導体膜を用いる事が可能で有る。半導体膜はP E C V D法やA P C V D法等の化学気相堆積法（C V D法）、或いはスパッター法や蒸着法等の物理気相堆積法（P V D法）に依って形成される。

【0036】

本発明では半導体膜をC V D法で堆積する場合、堆積される半導体膜の構成元素を含有する化学物質を原料气体として半導体膜を堆積する。ここでは半導体膜がシリコン（S i）で有るため、原料气体としてはモノシラン（S i H₄）、ジシラン（S i₂H₆）等のシランを用いる。

【0037】

ここでは原料气体としてシラン用いて低圧化学気相堆積法（L P C V D法）によって真性シリコン膜からなる半導体膜の堆積を行った場合について述べる。その膜厚は次工程の溶融ならびに結晶化工程に於いて熱の伝わり具合から上限が200 nm程である。デバイス特性全体からの要求として、膜厚が厚くなると、オフ電流の増加や光リーク電流の増加といった面から好ましくなく、薄い方が好ましい。しかしながら後工程において、イオン注入後の活性化がなされないといった問題やコンタクトホール形成の問題から膜厚を薄くすることにも限界があり、そ両条件をバランスよく満たすような膜厚の設定が要求される。

【0038】

（2-3、本願発明のレーザー照射法1）

次に本願発明の半導体膜に光学エネルギー又は電磁波エネルギーを照射する事により膜表面を一端溶融した後、冷却する事によって結晶化を施す。このような溶融結晶化法による結晶化が有効であるが、この際用いる光学エネルギーとして、特にこの加熱と冷却の連続する工程を短時間で完了するためには高いエネルギーを有している事が望ましい。もっともエネルギー照射時間が数十秒以内で有ればそのエネルギー源には囚らわれない。例えば、後述するX e C l エキシマ・レーザーやK r Fエキシマレーザー、さらにその他のレーザー源としてA r Fエキシマ・レーザーや、X e Fエキシマ・レーザー、Y A G レーザー、炭酸ガスレー

ザー、Arレーザー、色素レーザー等の各種レーザー、或いはアークランプやタンクスティンランプ等のランプ光を照射しても良いが、ここでは特にレーザーについて述べる。

【0039】

レーザー照射方法の1として、レーザー光に、キセノン・クロライド(XeC1)のエキシマ・レーザー(波長308nm)の照射方法を述べる。レーザーパルスの強度半値幅は45nsである。照射時間が斯様に非常な短時間で有る為、混晶質等の半導体膜の結晶化に際して、レーザー光の発熱により基板までが半導体膜と同等に熱せられる事は無く、故に基板の変形なども生じない。レーザー照射の一回の照射面積は8mm□の正方形で有り、各照射毎に4mmずらして行く。最初に水平方向(Y方向)に走査した後、次に垂直方向(X方向)にも4mmずらせて、再び水平方向に4mmずつずらせて走査し、以後この走査を繰り返して基板全面に第一回目のレーザー照射を行う。この第一回目のレーザー照射エネルギー密度は80mJ/cm²程度から250mJ/cm²程度の間が好ましい。第一回目のレーザー照射が終了した後、エネルギー密度を一回目より高くして第二回目のレーザー照射を全面に施す。第二回目のレーザー照射エネルギー密度は100mJ/cm²程度から600mJ/cm²程度の間が好ましい。走査方法は第一回目のレーザー照射と同じで8mm□の正方形の照射領域をY方向とX方向に4mmずらせて走査する。この二段階レーザー照射に依り基板全体が結晶性半導体膜へと均一に結晶化される。この二段階レーザー照射法を用いるとレーザービームの端部でのばらつきを完全に消失させる事が可能に成る。無論最初から強いエネルギーの光を照射する一段階レーザー照射法を用いても良い。

【0040】

また基板がセットされるステージは加熱可能なものが好ましい。結晶化速度は下地膜への熱流出速度に比例し、その速度は遅い方が好ましいため、基板自体を加熱することによって下地膜を含めた系と半導体膜の温度勾配を低減することによって、その目的に沿うことができる。しかしながら、基板を面内で均一に昇温させることはたいへん難しく手間を要し、また照射が終わった後に基板を取り出すにあたり、冷却に時間を要するといったことなどスループットの上で問題があ

るため本発明においては、ステージの加熱は行わず室温（25℃）程度で行って
いる。

【0041】

(2-4、本願発明のレーザー照射法2)

次に光源として別のレーザー光を用いた実施例として、クリプトン・フッ素 (KrF) のエキシマ・レーザー (波長 248 nm) を用いた照射方法を述べる。用いたレーザーはその断面形状がホモジナイザーによってガウシアン分布に成るように形成されたラインビームである。ビーム幅は 380 mm を有しているので大型基板も一度の走査によって溶融ならびに結晶化を行うことが可能である。光源のレーザーパルスの強度半値幅は 33 ns である。一方ホモジナイザーで成形されたガウシアン分布、頂点のピーク強度に対して、その強度が 90% である部分の幅は 100 μm であり、以下ビームを何回ぐらい重ねて照射を行ったかを表す重ね率を問題とするときには、この 90% 強度の部分のオーバーラップ率を意味するものである。(2-3) と同様に半導体膜の結晶化に際しては基板がレーザー光の発熱によって熱せられる事は無く、故に基板の変形などの問題は起こらない。このレーザー装置を用いた場合には、ラインビームレーザーを基板の端から順次走査しながら照射を行っていく。その際に記したピーク強度比 90% 部分の重ね率は 90% である。これは半導体膜に対してピーク強度比 90% のビームが 10 μm づつずれながら 10 回照射されることを意味しており、基板全体が結晶性半導体膜へと均一に結晶化される。この時のレーザー照射エネルギー密度は最低でも 140 mJ/cm^2 以上の強度であれば結晶化が起こり、集光ランプの元に照らすことによっても確認する事が可能である。一方上限のエネルギーとしては、最高でも 300 mJ/cm^2 程度が好ましく、それ以上のエネルギーによって照射を行うとアブレーションを起こす可能性が高い。本発明においては、前出の重ね率 90% の条件も考慮した結果、照射エネルギーを 240 mJ/cm^2 に設定して、半導体膜の溶融ならびに結晶化を行った。以上のような照射条件でオーバーラップしたレーザー照射法を用いることによってレーザービームの端部のばらつきを完全に消失させる事が可能になる。

【0042】

ここで照射例の1と同様に照射中の基板加熱は行わない。

【0043】

(2-5、本願発明の照射雰囲気)

レーザー照射を行う雰囲気としては、不活性ガスと水素 (H_2)、また特に不活性ガスとして希ガスと H_2 、さらに希ガスとしてアルゴン (Ar) ガスと H_2 といった組み合わせのフォーミングガス中が好ましい。基本的にはシリコン表面は瞬間に極めて高温まで熱せられ溶融過程を経て凝固しており、たいへん活性であり、酸素をはじめ雰囲気中に存在する分子が結合しやすく清純な界面を維持するには、真空であることが望ましいと思われる。しかしながら、真空中の照射の場合、一方でたいへん高真空を維持する事が必要になる事から、照射を行うチャンバーのコストが増大する。また真空中で、溶融したシリコンや内有されていた水素がシリコン溶液から蒸発や飛散するといったアブレーションを起こす事によって、ウインドウに付着した分子は真空蒸着されたも同然であるから、そのクリーニングも大変であり、装置使用上のデメリットを生む。そこで真空状態と同じようにシリコンの清純な界面を維持するためという事であれば、不活性ガス特に希ガス特にアルゴンガスを封入しておく事によってもその目的を果たす事が出来る。さらにレーザー光の照射時には照射表面はそれら不活性ガス分子によって抑えられているので、溶融過程を経ても、アブレーションによって溶融した分子が飛び出すことは抑えられる方向に働くメリットが生じる。

【0044】

一方照射雰囲気に水素が含まれる事に因って、溶融ならびに結晶化により生じた結晶粒界に多数存在する、ダングリングボンドを持ったシリコンの終端の働きをするので、TFT特性に於いてしきい値電圧 V_{th} のシフトが低減される。またレーザー照射に因ってたいへん活性な膜表面に、僅かにでも混入した酸素や水分子が吸着する事を防ぐので、高品質な膜を得る事が出来、やはり TFT 特性の動作の信頼性に寄与する。ここで問題となるのは水素の濃度であるが、不活性ガスに対して含有される濃度が増加するに従い様々な付加効用が働いてくる。酸素と結びついて劇的な反応を示す水素であるが、その濃度は 3 % 以下で有れば外気中

に仮に漏れる事があっても問題となる量ではない。それ以上の水素がチャンバーに導入される場合にはその取扱いに注意をする必要がある。TFT特性に於いてオフリーク電流の跳ね上がりを低減する事が出来れば、書き込まれたデータを保持する事が容易になる。結晶粒界のトラップが多数存在すれば、ドレイン端での粒界トラップを介したリーク電流が大きくなる。その結果としてオフリーク電流が増大するので、水素に因って終端してしまえばオフリーク電流を低減できる。この効果が期待できる水素の濃度は不活性ガスに対して3%を超える量で有ればよい。さらにその濃度が25%を超える量になると、極めて V_{th} が安定してくるため、上記のOFF特性も含めて同一基板上に形成された薄膜半導体装置群に於けるそれぞれのTFT特性の安定化が図られる。ここで意味するところの安定化とは、電流値のばらつきが各素子間で非常に小さく、駆動用ドライバー側で考慮する必要がない程度のものである。

【0045】

不活性ガスによって、真空とは異なり、膜表面が気体分子に押さえられているためにアブレーションを抑制できるということに触れたが、不活性ガスと水素の全体、つまりフォーミングガスとしての圧力は、大気圧（ここでは0.9~1.0気圧を指す）もしくは加圧下であることが要求される。アブレーションを抑える効果を高めるためには、1気圧以上で有ればその効果が発揮される。さらに2気圧以上で有れば溶融ならびに結晶化処理終了後のシリコン表面の面荒れが抑えられる（この状態は表面を暗状態で集光ランプにさらす事によって確認できる）。シリコン表面の面荒れの発生によって、バンドテールのトラップの形成が抑えられるため、結果的に V_{th} のシフトを低減する効果を助長できる。

【0046】

(3、実施例)

この薄膜半導体装置を製造するにあたり、基板として、上記の日本電気硝子株式会社製OA-2ガラスを基板として用いた。純水にて洗浄した後、PECVD法によって下地膜となる絶縁性物質を形成するにあたり本実施例では酸化珪素(SiO_2)を200nm堆積した。次にECR-CVD法により、原料気体としてシラン用いて真性シリコン膜からなる半導体膜の堆積を行った。その膜厚として

は50nm堆積した。こうして形成された半導体膜を溶融ならびに結晶化するわけであるが、その手法として光学エネルギーにKrFエキシマレーザーのラインビームを用いた。ラインビームレーザーであるため、基板の端から順次走査しながら照射を行っていき、重ね率は90%である。この時のレーザー照射エネルギー密度は240mJ/cm²に設定している。この結果、基板全体が結晶性半導体膜へと均一に結晶化される。また照射中の基板加熱は行わない。

【0047】

レーザー照射を行う雰囲気であるが、フォーミングガスとして、アルゴン(Ar)ガスとH₂の組み合わせを用い、その気圧を2気圧としている。このため、不活性ガス中では比較的重いアルゴンガスによって照射表面が抑えられているため、シリコン表面が溶融した際にも、シリコンや水素のアブレーションが抑えられた。その結果、溶融ならびに結晶化後の基板表面も極めて良好であり、膜表面に凹凸として膜厚の10%を越える物は見られない。一方水素濃度であるが、本発明に於いては、フォーミングガス中の不活性ガスに対する水素濃度として、50%含有した物を用いた。この結果、粒界のトラップが水素によって、十分終端され、製造されたTFT素子の電気特性は、オフリーク電流特性の跳ね上がりが、不活性ガスのみの雰囲気中で溶融ならびに結晶化を行った同様な素子に比べて、1桁程度低減する事が可能となった。またV_{th}のシフトは駆動上問題ないレベルである0.5V以内まで、低減する事ができた。このため、上記の照射雰囲気条件を用いて製造されたTFT素子の電気特性は総合的にたいへん良好であり、信頼性の面でも高い素子を得る事が出来た。

【0048】

【発明の効果】

上記した実施例で得られた各種薄膜半導体装置を画素用TFTと駆動回路用TFTとして用いたアクティブマトリクス基板を製造した。得られたアクティブマトリクス基板を基板の一方に用いた液晶パネルを製造した。得られた液晶パネルを外部の周辺駆動回路やバックライトユニットとともに液晶表示装置のモジュールを製造したところ、TFT自体の性能が高品質であり、またその製造工程も安定しているため、表示品質の高い液晶表示装置を安定的に低コストで製造するこ

とができた。また、TFTの性能が極めて高く、必要な駆動回路をアクティブマトリクス基板上に形成できるため（ドライバ内蔵）、外部の周辺駆動回路との実装構造が単純化され、小型軽量な液晶表示装置とすることができた。

【0049】

また、そのような液晶表示装置をフルカラーのノートPCの筐体に組み込んだところ、小型軽量で表示品質のよいフルカラーのノートPCを安価に製造することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す薄膜半導体装置製造の各工程に於ける素子断面図。

【符号の説明】

101…基板

102…下地保護膜

103…半導体膜

104…ゲート絶縁膜

105…ゲート電極

106…イオン注入

107…ソース・ドレイン領域

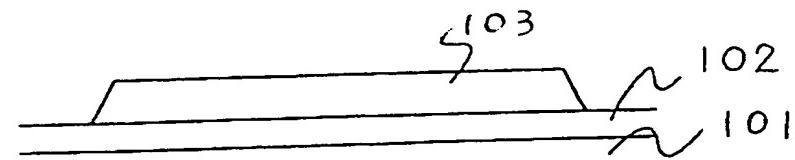
108…チャンネル領域

109…層間絶縁膜

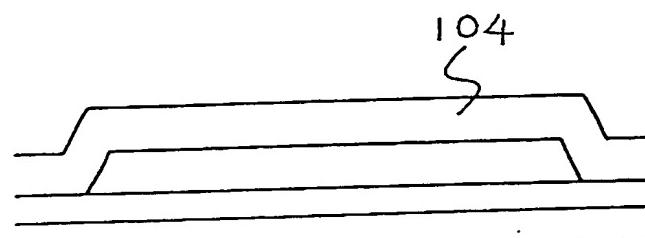
110…ソース・ドレイン取り出し電極。

【書類名】 図面

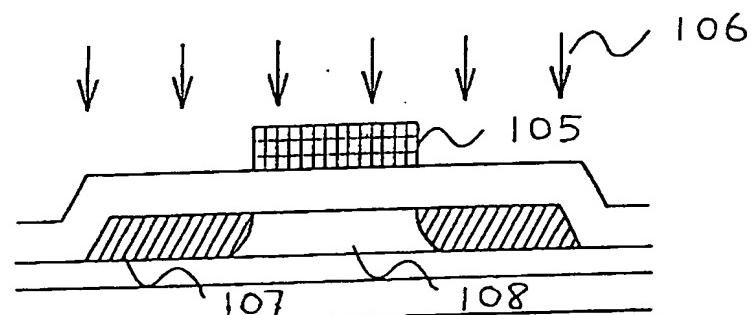
【図1】



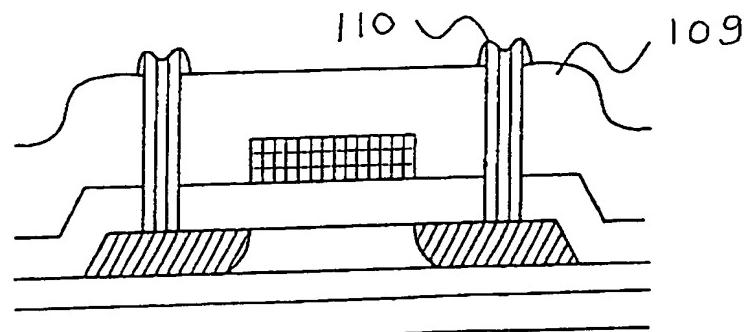
(a)



(b)



(c)



(d)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体薄膜からの水素の突沸を防ぐとともに、半導体膜への不純物の混入を防ぐことにより、結晶性の高い膜を安定して製造する。

【解決手段】 レーザー光の照射により、薄膜半導体装置の溶融・結晶化を行う工程において、その照射雰囲気として、不活性ガスと水素ガスの混合ガスを充填し、加圧下のチャンバー内に於いて照射を行う。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000002369
【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社
【代理人】 申請人
【識別番号】 100093388
【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号 セイコーエプ
ソング株式会社内
【氏名又は名称】 鈴木 喜三郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100095728
【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿2-4-1 セイコーエプソン
株式会社 特許室
【氏名又は名称】 上柳 雅誉

出願人履歴情報

識別番号 [000002369]

1. 変更年月日 1990年 8月20日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

氏 名 セイコーエプソン株式会社